

**Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar gas
jenis *Compressed Natural Gas* (CNG)
untuk sektor transportasi**



© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	2
4 Standar spesifikasi CNG.....	3
Lampiran A (informatif) Karakteristik CNG	5
Lampiran B (informatif) Kandungan propana dan butana.....	9
Lampiran C (informatif) Batasan indeks Wobbe	11
Lampiran D (informatif) Ketukan mesin	12
Lampiran E (informatif) Angka metana dan angka oktana	14
Lampiran F (informatif) Kadar air dalam gas bumi	17
Lampiran G (informatif) Komponen korosif.....	19
Lampiran H (informatif) Daftar konversi satuan	20
Bibliografi	21

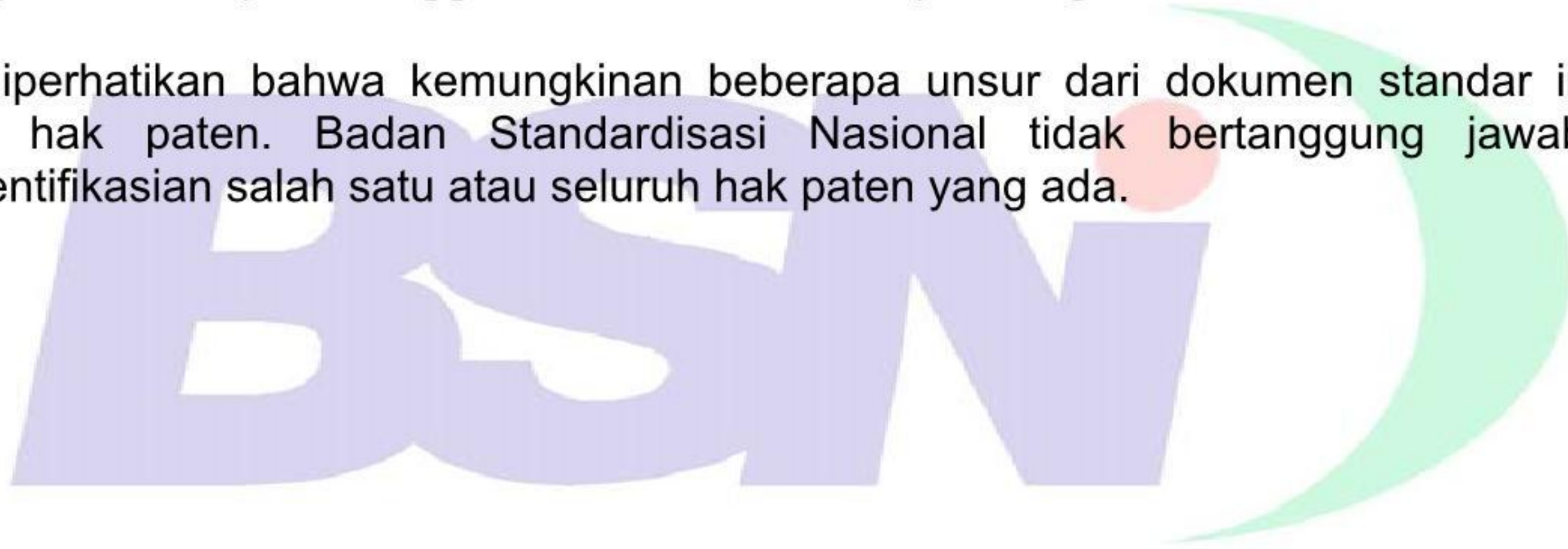
Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 8204:2016 dengan judul *Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar gas jenis Compressed Natural Gas (CNG) untuk sektor transportasi* merupakan SNI baru.

Tujuan SNI ini adalah untuk mendapatkan kepastian mutu agar spesifikasi CNG yang ditetapkan pemerintah dapat mewakili dan sesuai digunakan dengan kondisi dan iklim di Indonesia. Selain itu, konsumen mendapatkan kepastian mutu bahan bakar gas CNG untuk sektor transportasi yang diproduksi dan dipasarkan dalam rangka melindungi kepentingan konsumen, produsen dan distributor serta menciptakan iklim usaha yang sehat

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 75–02 Produk Minyak Bumi, Gas Bumi dan Pelumas (kelompok kerja Bahan Bakar Minyak dan Gas) dan telah dibahas beberapa kali pada rapat Komite Teknis dan telah dilaksanakan forum konsensus pada 2-3 Desember 2014 di Jakarta yang dihadiri para stakeholders, antara lain: instansi pemerintah terkait, perguruan tinggi/akademisi, profesional, konsumen dan produsen. SNI ini juga telah melalui konsensus nasional yaitu jajak pendapat pada tanggal 13 April 2015 sampai dengan 12 Juni 2015 dan pemungutan suara pada tanggal 17 Maret 2016 sampai dengan 16 Mei 2016.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.



Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar gas jenis *Compressed Natural Gas (CNG)* untuk sektor transportasi

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan persyaratan mutu yang dinyatakan dalam spesifikasi karakteristik fisika kimia dan spesifikasi parameter unjuk kerja untuk *Compressed Natural Gas (CNG)* untuk sektor transportasi. Standar ini ditujukan untuk operator stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG), produsen, pengguna kendaraan berbahan bakar CNG, pabrikan, dan badan/lembaga berwenang yang terkait. Standar spesifikasi ini sebagai acuan bagi pengguna CNG untuk sektor transportasi.

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/amandemennya).

ISO 6974-3, *Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography - Part 3: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide and hydrocarbons up to C8 using two packed columns*

ISO 6974-6, *Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography - Part 6: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide and C1 to C8 hydrocarbons using three capillary columns*

ISO 6976, *Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition*

ISO 6978-1, *Natural gas - Determination of mercury - Part 1: Sampling of mercury by chemisorption on iodine*

ISO 6978-2, *Natural gas - Determination of mercury - Part 2: Sampling of mercury by amalgamation on gold/platinum alloy*

ISO 10101-2, *Natural gas - Determination of water by the Karl Fischer method - Part 2: Titration procedure*

ISO 10101-3, *Natural gas - Determination of water by the Karl Fischer method - Part 3: Coulometric procedure*

ASTM D1142, *Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels by Measurement of Dew Point Temperature*

ASTM D2385, *Test Method for Hydrogen Sulfide and Mercaptan Sulfur in Natural Gas (Cadmium Sulfate-Iodometric Titration Method)*

ASTM D5454, *Standard Test Method for Water Vapor Content of Gaseous Fuels Using Electronic Moisture Analyzers*

ASTM D6273, *Standard Test Methods for Natural Gas Odor Intensity*

ASTM D7651, *Standard Test Method for Gravimetric Measurement of Particulate Concentration of Hydrogen Fuel*

GPA 2172, *Calculation of Gross Heating Value, Relative Density, Compressibility and Theoretical Hydrocarbon Liquid Content for Natural Gas Mixtures for Custody Transfer*

GPA 2261, *Analysis for Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures/ Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku.

3.1

gas bumi

hasil proses alami berupa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan suhu atmosfer berupa fasa gas yang diperoleh dari proses penambangan minyak dan gas bumi. Komponen utama gas bumi adalah metana, tetapi secara umum juga mengandung etana, propana dan hidrokarbon lebih berat dalam jumlah kecil dan beberapa gas yang tidak mudah terbakar, seperti nitrogen dan karbondioksida.

3.2

compressed natural gas (CNG)

gas bumi yang digunakan sebagai bahan bakar di sektor transportasi yang ditekan dalam fasa gas hingga 20.000 kPa pada suhu ambien

3.3

kualitas gas

kualitas gas ditentukan oleh komposisi kimia dan sifat-sifat fisiknya

3.4

nilai kalori, heating value/calorific value (H)

kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna 1 (satu) satuan berat bahan bakar padat atau cair atau 1 (satu) satuan volume bahan bakar gas, pada keadaan standar

3.5

nilai kalor atas/gross heating value/ higher heating value

kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetap, suhu 288,15 K, apabila air yang terbentuk dari reaksi pembakaran sempurna terkondensasi sebagai cairan

3.6

nilai kalor bawah/net heating value/lower heating value (Hi)

kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair, atau satu satuan volume bahan bakar gas pada tekanan tetap suhu 288,15 K, senyawa air yang terbentuk dari hasil reaksi pembakaran sempurna berada pada fasa uap

3.7

densitas (ρ)

massa gas dibagi dengan volumenya pada kondisi tekanan dan suhu yang telah ditentukan

3.8

densitas relatif gas (d)

perbandingan densitas gas dengan densitas udara yang diukur pada kondisi suhu 288,15 K dan tekanan 101,325 kPa

3.9**indeks Wobbe (W)**

nilai kalor atas gas kering dibagi dengan akar kuadrat dari densitas relatif pada kondisi pengukuran standar

3.10**titik embun air**

suhu dimana uap air mulai mengembun pada tekanan tertentu

3.11**komposisi gas**

fraksi atau persen dari komponen utama, komponen yang berasosiasi dengan komponen utama, komponen runutan dan komponen lainnya yang ditetapkan dari hasil analisis

3.12**gas inert**

suatu senyawaan gas pada kondisi standar yang tidak melepaskan energi ketika terbakar

CONTOH Karbondioksida, nitrogen dan oksigen.

3.13**pabrikasi**

perusahaan yang memproduksi komponen dan atau instalasi sistem pemakaian bahan bakar gas pada kendaraan bermotor dan atau peralatan SPBG

3.14**badan/lembaga yang berwenang**

badan yang mempunyai kewenangan untuk mengawasi kualitas CNG

4 Standar spesifikasi CNG

Standar spesifikasi CNG sebagai bahan bakar untuk sektor transportasi di Indonesia disajikan pada Tabel 1. Deskripsi yang lebih spesifik dari karakteristik CNG diberikan dalam Lampiran A.

Tabel 1 - Standar spesifikasi CNG di Indonesia

Uraian	Satuan	Batasan		Metode uji
		Minimum	Maksimum	
1. Komponen	% mol			GPA 2261/ISO 6974-3
Metana (C ₁)		77		GPA 2261/ISO 6974-3
Etana (C ₂)			8,0	GPA 2261/ISO 6974-3
Propana (C ₃)			4,0	GPA 2261/ISO 6974-3
Butana (C ₄)			1,0	GPA 2261/ISO 6974-3
Pentana (C ₅)			1,0	GPA 2261/ISO 6974-3
Hexana(C ₆₊)			0,5	GPA 2261/ISO 6974-3
N ₂			3,0	GPA 2261/ISO 6974-3
O ₂			0,1	GPA 2261/ISO 6974-6
CO ₂			5,0	GPA 2261/ISO 6974-3
H ₂ S	grain/100ft ³		0,627	ASTM D2385
Hg	µg/m ³		100	ISO 6978-1/ISO 6978-2
H ₂ O	lb/mm scf		3,0	ASTM D1142/ ASTM D5454 ISO 10101-2/ISO 10101-3
2. Konsentrasi partikel > 10 µm	mg/m ³	Tidak ada		ASTM D7651
3. Densitas Relatif	-	0,560	0,850	GPA 2172/ISO 6976
4. Nilai Kalor	BTU/ft ³	960	1.175	GPA 2172/ISO 6976
5. Indeks Wobbe	BTU/ft ³	1.050	1.313	GPA 2172/ISO 6976
6. Zat Pembau (<i>Odor</i>)	CNG harus berodor			ASTM D6273
CATATAN Konversi satuan lihat lampiran H.				

Lampiran A (informatif) Karakteristik CNG

A.1 Komposisi CNG

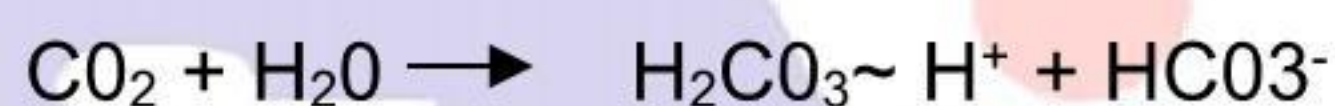
A.1.1 Hidrokarbon

Komposisi hidrokarbon CNG merupakan campuran senyawa hidrokarbon yang terdiri dari Metana (C₁) sampai dengan Heksana plus (C₆+) yang dinyatakan dalam % mol atau % volume dengan komponen utama metana (C₁).

Apabila CNG mengandung propana, butana dan senyawa hidrokarbon lebih berat lainnya dalam jumlah lebih banyak dari batas yang ditentukan, maka dapat terkondensasi di dalam instalasi sistem CNG. (lihat Lampiran B)

A.1.2 Karbondioksida

Senyawa karbondioksida yang terdapat dalam gas bumi adalah kontaminan yang tidak mempunyai kandungan energi dan tidak bersifat korosif apabila tidak kontak dengan air. Apabila karbondioksida terlarut dalam air akan terbentuk asam karbonat dengan reaksi sebagai berikut:



Karbondioksida (CO₂) pada permukaan logam dalam kondisi suhu rendah (<30 °C) dapat terhidrolisis membentuk H₂CO₃, dan pada suhu tinggi (>40 °C) akan mengakibatkan difusi CO₂.

Karbondioksida dapat bereaksi secara sinergis dengan O₂ dan H₂S yang dapat mempercepat terjadinya proses korosi. Asam karbonat akan menyebabkan korosi pada besi dan aluminium.

Berdasarkan ISO 15403-2:2006 dan SAE J1616, belum ada batasan yang dipersyaratkan untuk konsentrasi karbondioksida, meskipun demikian direkomendasikan batasan maksimum sebesar 5% vol CO₂.

A.1.3 Nitrogen

Nitrogen dalam CNG bersifat *inert*, tidak bersifat korosif dan toksik, akan tetapi dapat menurunkan nilai kalor, mempengaruhi nilai kompresibilitas gas dan rentang flameabilitas gas bumi.

Konsentrasi gas nitrogen dalam CNG harus dibatasi untuk mengurangi konsentrasi NO_x dalam emisi gas buang.

A.1.4 Oksigen (O₂)

Kandungan senyawa oksigen di dalam CNG dapat meningkatkan efek dan laju korosi, karena sejumlah kecil oksigen akan meningkatkan pertumbuhan *Sulphate Reducing Bacteria* (SRB), yaitu bakteri yang dapat memproduksi hidrogen sulfida, sehingga dapat menyebabkan terjadinya korosi (lihat Lampiran G).

A.1.5 Senyawa sulfur

Senyawa sulfur di dalam gas bumi umumnya adalah Hidrogen Sulfida (H_2S), merkaptan (RSH) dan Karbonil Sulfida (COS). Sama halnya dengan CO_2 , kandungan air bersama senyawaan sulfur juga dapat menyebabkan terjadinya korosi pada instalasi sistem pemakaian bahan bakar gas (lihat Lampiran G).

Senyawa sulfur pada batas tertentu bersifat racun terhadap lingkungan serta dapat mengurangi efisiensi kerja katalis pada sistem katalis gas buang.

A.1.6 Merkuri (Hg)

Merkuri selain dapat berbahaya bagi kesehatan juga dapat menyebabkan korosi pada material yang terbuat dari aluminium. Batasan merkuri organik yang dapat terserap tubuh manusia melalui kulit adalah sebesar $0,01 \text{ mg/m}^3$. Sedangkan batasan merkuri dari emisi gas buang dari sumber tidak bergerak dibatasi sebesar $0,01 \text{ mg/m}^3$. Untuk batasan merkuri di atmosfer menurut OSHA adalah sebesar 0,01 ppm atau $0,1 \text{ mg/m}^3$ atau $100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

A.1.7 Kadar air

Kadar air yang tinggi dapat membentuk hidrat padat atau semi padatan yang menyerupai es pada suhu operasi yang rendah dan tekanan yang tinggi. Hidrat merupakan hasil dari kristalisasi senyawa air dengan senyawa antara lain metana dan etana pada kondisi tertentu, yang dapat menyumbat dan menyebabkan masalah pada instalasi sistem CNG.

Air merupakan pemicu terbentuknya senyawaan korosif melalui penggabungan dengan komponen lain dalam gas bumi, seperti Karbondioksida dan Hidrogen Sulfida. Kadar air dalam CNG perlu dibatasi. Persyaratan keamanan CNG yang penting sebagai bahan bakar kendaraan bermotor harus mempunyai suhu titik embun air yang sangat rendah, untuk mencegah terbentuknya air pada berbagai kondisi tekanan dan suhu. (lihat Lampiran F)

Gabungan senyawa korosif dan fluktuasi tekanan yang disebabkan oleh konsumsi CNG serta pengisian kembali CNG ke dalam tabung dapat menyebabkan korosi yang berkelanjutan terhadap material logam dan akhirnya menimbulkan kerusakan. Suhu titik embun air dari CNG harus diatur, sehingga kondensasi uap air tidak terjadi di dalam tabung CNG pada saat tekanan operasi maksimum.

A.1.8 Partikel

Berdasarkan SAE J1616, konsentrasi partikel dalam bentuk debu dan kotoran harus diminimalkan untuk menghindari terjadinya kontaminasi, sumbatan dan erosi dari komponen sistem bahan bakar. CNG yang disalurkan ke kendaraan bermotor seharusnya hanya mengandung partikel dengan ukuran kurang dari $5 \text{ }\mu\text{m}$. SPBG direkomendasikan menggunakan filter dengan ukuran berikut:

- *refueling connector* $10 \text{ }\mu\text{m}$

A.2 Nilai kalor

Nilai kalor CNG dipengaruhi oleh komposisinya. Nilai kalor harus ditentukan batasan minimum untuk membatasi kandungan gas *inert*, sedangkan nilai maksimum untuk membatasi kandungan senyawa hidrokarbon berat.

A.3 Densitas relatif

Densitas relatif CNG berpengaruh terhadap penentuan nilai indeks Wobbe dan menghitung komposisi fraksi ringan dan berat dari gas.

A.4 Indeks Wobbe

Indeks Wobbe merupakan suatu ukuran dari laju aliran bahan bakar melalui suatu *orifice* pada kondisi *inlet* tertentu (lihat Lampiran C). Secara Matematis, indeks Wobbe dinyatakan seperti terlihat pada persamaan 1.

$$WI = \text{nilai kalor atas} / \sqrt{(\text{densitas relatif})} \quad (1)$$

A.5 Tingkat ketukan (*knock rating*)

Kemampuan CNG agar tidak terjadi penyalaan sendiri (*auto-ignition*) atau ledakan yang juga dikenal dengan detonasi atau *knock* pembakaran (lihat Lampiran D). Walaupun telah banyak studi yang dilakukan untuk identifikasi, memberikan korelasi dan menggambarkan tingkat ketukan gas bumi, tetapi sampai saat ini, belum ada prosedur pengujian standar yang dapat diterima secara umum.

Informasi perbedaan angka metana dan angka oktana terdapat pada Lampiran E.

A.6 Persyaratan keselamatan

CNG yang digunakan untuk bahan bakar di sektor transportasi harus memenuhi persyaratan keselamatan yang diantaranya meliputi pemberian odor, bebas debu, pasir, kotoran, getah, minyak lumas, atau benda-benda lain dalam jumlah tertentu yang dapat membahayakan peralatan di SPBG dan instalasi sistem pemakaian bahan bakar gas kendaraan bermotor.

A.6.1 Zat pembau (*Odor*)

Untuk keselamatan, CNG harus mengandung zat pembau sehingga jika terjadi kebocoran dapat mudah terdeteksi. Kadar zat pembau terendah dalam gas bumi, yang dapat tercium di udara dalam konsentrasi 20% dari batas bawah flammabilitasnya (batas bawah flammabilitasnya mendekati 1% vol).

Jumlah zat pembau yang terkandung dalam CNG, harus ditambahkan oleh pihak produsen dan atau distributor.

A.6.2 Kandungan minyak lumas

Menurut SAE J1616, minyak lumas seringkali terkandung dalam CNG pada konsentrasi yang sangat kecil, yang berasal dari kompresor pada sistem perpipaan dan kompresor di SPBG. Minyak lumas yang terbawa menimbulkan masalah ketika kendaraan beroperasi karena dapat membentuk cairan pada instalasi sistem pemakaian bahan bakar gas. Tingkat minyak lumas pada kompresor harus dipantau dan pada keluaran kompresor dipasang filter.

A.6.3 Partikel

CNG yang disalurkan ke kendaraan bermotor harus tidak mengandung debu, pasir, kotoran, getah, minyak lumas, atau benda-benda lain dalam jumlah tertentu yang dapat

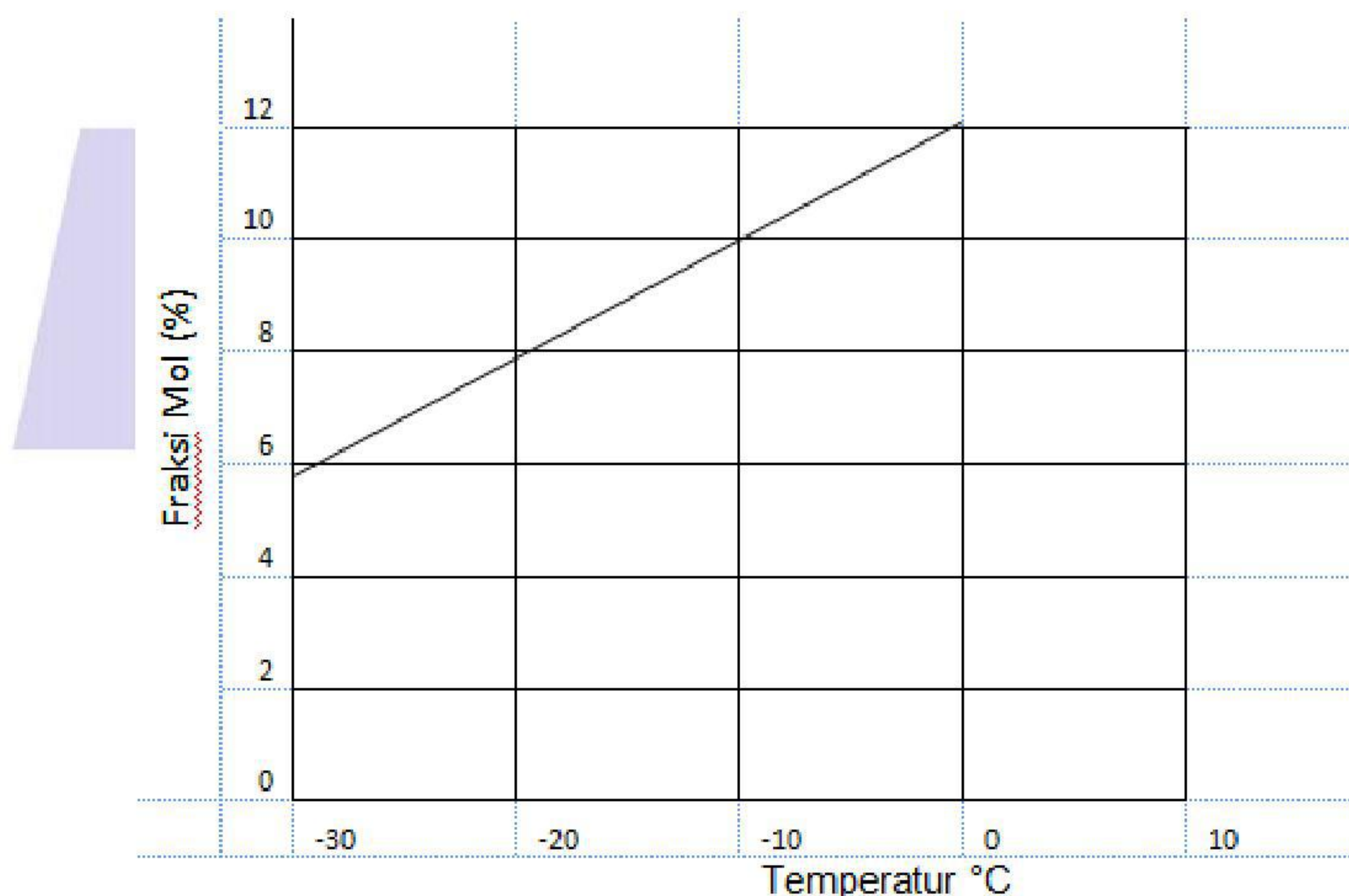
membahayakan peralatan di SPBG dan instalasi sistem pemakaian bahan bakar gas kendaraan bermotor. Jikalau tidak dapat dihilangkan, CNG hanya mengandung partikel dengan ukuran kurang dari 10 μm .



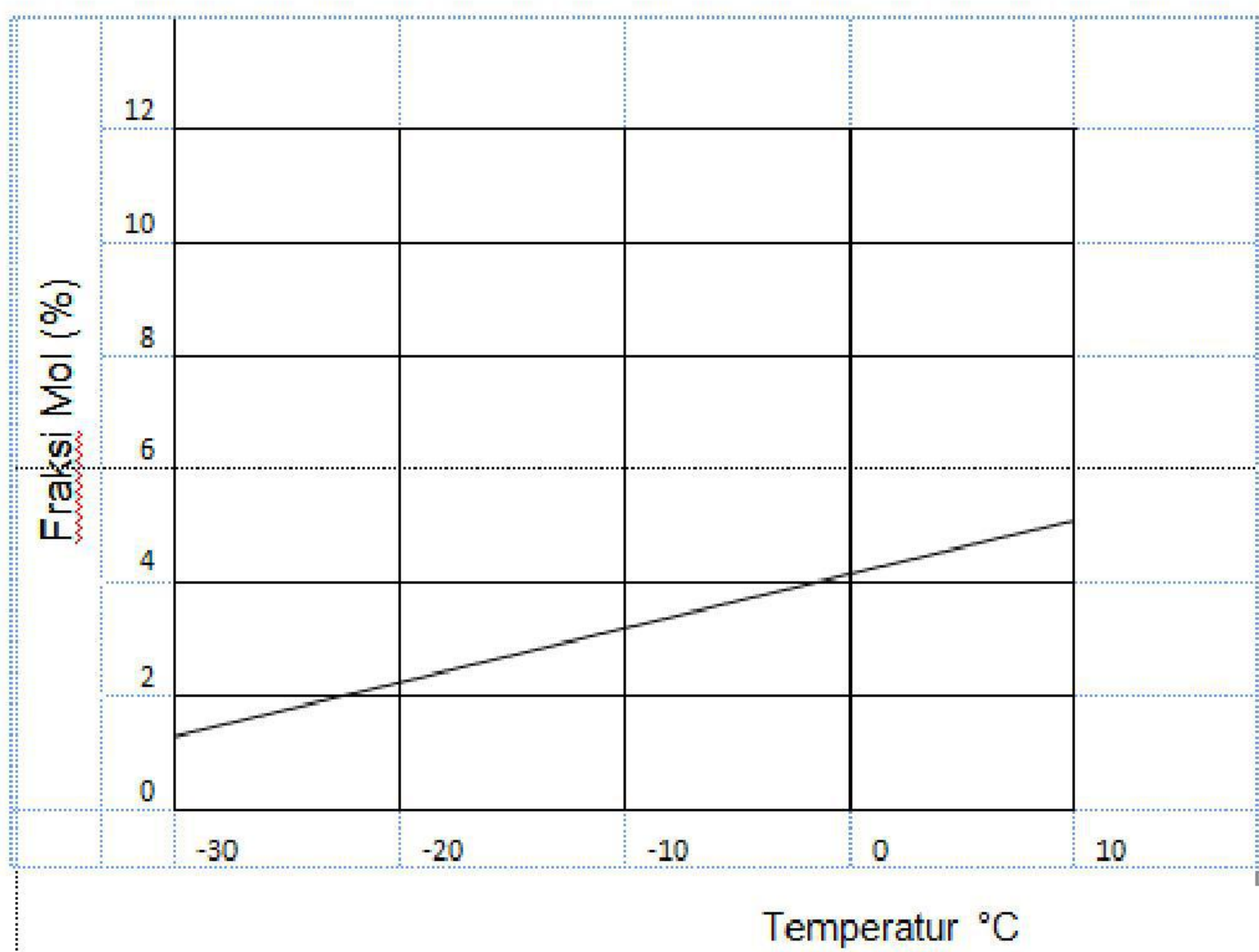
Lampiran B
(informatif)
Kandungan propana dan butana

Apabila gas bumi mengandung sejumlah propana dan butana yang cukup signifikan, fasa cair dapat terbentuk pada saat tekanan tinggi dan suhu rendah karena tekanan uapnya yang rendah. Untuk meminimalkan kejadian tersebut, komposisi gas bumi harus dijaga agar gas yang tersimpan di dalam tabung yang akan membentuk cairan kondensat kurang dari 1 % pada suhu ambien terendah dan tekanan tabung antara 5.517 sampai 8.275 kPa (800 sampai 1.200 psig), suatu kondisi di mana kondensasi maksimum dapat terjadi, tergantung pada komposisi gas.

Gambar B.1 dan B.2 menunjukkan maksimum fraksi mol Propana dan Butana yang diijinkan (lihat SAE J 1616) dinyatakan dalam prosentase yang berhubungan dengan 1% volume gas asal volume dari volume liquid yang terkondensasi untuk berbagai suhu ambien yang rendah dan kondisi tekanan ekstrem pada tabung CNG. Jumlah propana dan butana harus disesuaikan dengan kondisi iklim dimana kendaraan akan beroperasi.



Gambar B.1 - Kandungan propana maksimum (batasan tekanan : 6 MPa s.d 10 MPa)



Gambar B.2 - Kandungan butana maksimum (batasan tekanan : 6 MPa s.d 10 MPa)

Lampiran C (informatif) Batasan indeks Wobbe

Di beberapa negara khususnya Eropa, gas dioperasikan dalam kisaran indeks Wobbe yang telah ditentukan dengan baik. Indeks Wobbe ini berasal dari sertifikat standar peralatan seperti tersebut pada Tabel C.1.

a) Kisaran indeks Wobbe pada tabel C.1 diambil dari **German Code of Practice DVGW G 260/1**;

Tabel C.1 - Kisaran indeks Wobbe* diambil dari *German Code of Practice DVGW G 260/1*

Parameter	Singk.	Satuan	Group L	Group H
Densitas relatif	d		0,55 - 0,70	
Nilai kalor atas	Ws.n	kWh/m ³ MJ/m ³	8,4 - 13,1 30,2 - 47,2	
Indeks Wobbe	WSn			
Kisaran total		kWh/m ³ MJ/m ³	10,5 - 13,0 37,8 - 46,8	12,8 - 15,7 46,1 - 56,5
Nilai kalor		kWh/m ³ MJ/m ³	12,4 44,6	15,0 54,0
Kisaran fluktuasi di daerah pasokan		kWh/m ³	+0,6 -1,2	+0,7 -1,4
*Kondisi pada T _n = 273,15 °K P _n = 101,325 kPa				

b) Kisaran indeks Wobbe pada tabel C.2 diambil dari sertifikat EN 437:1993, Sertifikat standar untuk peralatan.

Tabel C.2 - Kisaran indeks Wobbe* diambil dari sertifikat EN 437:1993, Sertifikat standar untuk peralatan

Jenis gas bumi	
Klasifikasi	Kisaran indeks Wobbe (W)
L	39,1 - 44,8
LL	34,4 - 44,8
E ₁	40,9 - 44,8
E	40,9 - 54,7
E _s	44,8 - 54,7
H	45,6 - 54,7
*Kondisi: T _{arc} = 288,15 °K; P _{arc} = 101,325 kPa	

c) Di Amerika Utara tidak terdapat standar seperti tabel di atas, meskipun sistem distribusi lokal dapat menjaga keseragaman indeks Wobbenya. Kisaran dominan indeks Wobbe berkisar antara 48,5 MJ/m³ dan 52,2 MJ/m³, tetapi sebagian besar volume berkisar antara 44,7 MJ/m³ dan 46,6 MJ/m³. Indonesia memiliki indeks Wobbe di atas atau di bawah kisaran nilai dominan tersebut di atas.

Lampiran D (informatif) Ketukan mesin

D.1 Umum

Efisiensi termal dari sebuah mesin dengan sistem pengapian (*spark ignition engine*) akan bertambah dengan rasio kompresi (*compression ratio*). Bagaimanapun ada batas atas rasio kompresi dikarenakan adanya fluida terkompres pada silinder yang berupa campuran uap bahan bakar dan udara. Suhu dari campuran tersebut bertambah dengan adanya tekanan, dan jika rasio tekanan terlalu tinggi akan menimbulkan terjadinya fenomena ledakan (*detonation*). Kondisi ini dikenal sebagai *engine knock* dan selanjutnya dapat menimbulkan kehilangan tenaga (*loss in power*) dan kerusakan mesin. Untuk memenuhi peraturan emisi dan tuntutan dari pengguna, mesin dioptimalkan dengan beroperasi mendekati batas keadaan tenaga yang mendekati batas kondisi *knock*, dan perubahan dalam komposisi bahan bakar menyebabkan perubahan dalam daya tahan terhadap ketukan bahan bakar, yang dapat menyebabkan masalah dalam operasionalnya.

Beberapa fenomena kompleks terjadi. Umumnya ketukan pada mesin atau ledakan yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut: Pada kondisi normal, pembakaran dimulai di daerah sekitar percikan api busi, setelah penundaan pendek diikuti dengan pembentukan percikan api, api menyebar melalui campuran bahan bakar dan oksigen dengan cepat, tapi terbatas. Energi yang dilepaskan oleh percikan api sangat kecil dan meledakkan/memulai reaksi tanpa api yang cenderung lambat. Energi selanjutnya dilepaskan pada sebuah percepatan rata-rata dengan reaksi hingga api terbentuk sempurna.

Pembakaran dengan *knock* terjadi ketika tekanan naik menjadi tak terkontrol dan menyebar mendekati kecepatan suara. Hal seperti ini biasa terjadi menjelang proses pembakaran selesai, ketika bagian tak terbakar dari campuran udara dan bahan bakar, biasa disebut *end gas* telah terkompres dan berada pada suhu yang tinggi. *Knock* menyebabkan terjadinya puncak-puncak tekanan tinggi bila dibandingkan dengan pembakaran normal, yang menyebabkan kerusakan pada piston, selubung, dan kepala silinder.

Praktek yang lazim dari penahanan pembakaran, supaya mengurangi *knock* pembakaran, dapat menyebabkan masalah dengan suhu tinggi gas buang. Oleh karena itu dibutuhkan untuk mendeteksi dan menghindari *knock* yang dapat dipercaya.

Bahaya dari ketukan pembakaran pada mesin berbahan bakar minyak, sering dikurangi dengan memberi zat aditif atau dengan menggunakan BBM yang mempunyai resistensi terhadap ketukan yang telah diperbaiki.

Beberapa jenis BBM dapat digunakan untuk rasio kompresi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar lainnya, tergantung dari zat aditif untuk menekan kecenderungan ketukan.

D.2 Tingkat ketukan

Untuk mengukur ledakan atau kecenderungan ketukan dari bahan bakar, salah satu metode adalah membandingkan unjuk kerja dari bahan bakar dengan campuran heptana-iso-oktana pada sebuah mesin uji dengan variabel rasio kompresi. n-heptana dipercaya menimbulkan ketukan pada kompresi rendah, sementara iso oktana menimbulkan ketukan pada rasio

kompresi yang jauh lebih tinggi. Perbedaan campuran antara keduanya menghasilkan skala angka oktana secara kontinu dari 0 hingga 100.

Untuk pengujian suatu jenis bahan bakar, rasio kompresi dari mesin uji tersebut dinaikkan hingga berada dalam keadaan ketukan dan persentase tertinggi dari oktana dalam campuran heptana-iso-oktana menghasilkan ketukan pada rasio kompresi yang sama dan disebut sebagai angka oktana atau *knock rating* dari bahan bakar. Dua prosedur yang berbeda digunakan secara internasional yaitu Metode Riset menghasilkan angka oktana riset (RON) sesuai ISO 5164 dan metode motor menghasilkan angka oktana motor (MON) sesuai ISO 5163. Nilai MON umumnya lebih rendah dibanding RON.



Lampiran E (informatif) Angka metana dan angka oktana

E.1 Skala angka metana

Komposisi gas bumi bervariasi sesuai dengan lokasi geografis dan waktu. Kandungan dari metana dan hidrokarbon yang lebih tinggi dalam gas bumi adalah sesuatu yang penting karena memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja dari sebuah mesin dengan sistem pengapian berbahan bakar gas (*natural gas fuelled spark ignition engine*), khususnya dalam anti ketuk.

Metana, sebagai kandungan utama dari gas bumi, memiliki anti ketuk yang sangat tinggi. Gas bumi, bagaimanapun juga mengandung sejumlah hidrokarbon yang lebih berat seperti etana, propana, butana, yang memiliki anti ketuk yang lebih rendah. Gas bumi juga mengandung gas *inert* yang menambah anti ketuk.

Anti ketuk dari bahan bakar cair umumnya diukur dengan angka oktana, seperti yang dijelaskan pada Lampiran D, dan digunakan untuk menilai kemampuan bahan bakar seperti bensin. Angka oktana tidak cocok bila digunakan untuk menilai kemampuan bahan bakar gas seperti gas bumi, dimana sebagai contoh ada yang mempunyai angka oktana di atas 120.

Untuk mengatasi masalah ini, dibuat suatu besaran dengan besaran angka metana. Besaran ini menggunakan metana murni sebagai bahan bakar acuan untuk menghitung anti ketuk dan hidrogen sebagai bahan bakar acuan untuk menentukan sensitifitas ketukan. Kedua bahan bakar ini menghasilkan sebuah besaran nilai yang cocok untuk bahan bakar gas karena hidrokarbon lain selain metana akan menghasilkan besaran nilai angka metana yang lebih kecil.

E.2 Metode GRI

E.2.1 Umum

Gas Research Institute (GRI) mensponsori penelitian yang dikerjakan pada South West Research Institute (SWRI) dan telah menerapkan metode ASTM untuk angka oktana untuk mengukur MON bahan bakar gas. Data ini didokumentasikan dalam suatu Laporan GRI dan dalam laporan SAE *Paper* terkait. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metana murni memiliki angka MON sekitar 140. Kebanyakan gas bumi memiliki angka MON dalam kisaran antara 115 sampai 130, sementara gas *peak shaving* mengandung lebih banyak propana (17 % sampai 25 %) memiliki angka MON dari 105 sampai 100. Propana murni memiliki angka MON antara 96 sampai 97.

Untuk memperkirakan angka MON dari bahan bakar gas dan bahan bakar konvensional, dapat digunakan persamaan matematis yang dapat memberikan hasil sesuai dengan data percobaan.

E.2.2 Persamaan koefisien linear

$$\text{MON} = (137,78X_{\text{metana}}) + (29,948X_{\text{etana}}) + (-18,193X_{\text{propana}}) + (-167,062X_{\text{butana}}) + (181,233X_{\text{CO}_2}) + (26,994X_{\text{N}_2})$$

Dimana, X adalah fraksi mol dari komponen terkait yaitu metana, etana, propana, butana, CO_2 dan N_2 .

E.2.3 Persamaan perbandingan Hidrogen/Karbon

$$\text{MON} = -406,14 + (508,04 \times f_{H/C}) - [173,55 \times (f_{H/C})^2] + [20,17 \times (f_{H/C})^3]$$

Dimana, $f_{H/C}$ adalah perbandingan atom hidrogen terhadap atom karbon.

E.2.4 Korelasi antara MON (Angka Oktana Motor) dan MN (Angka Metana)

Persamaan ketiga juga dibuat dari data terukur dan menghasilkan korelasi yang cukup baik antara MON dan MN.

CATATAN Persamaan ini tidak cukup linear dan sebagai akibatnya tidak dapat dibalik.

$$\begin{aligned}\text{MON} &= 0,679 \times (\text{MN}) + 72,3 \\ \text{dan MN} &= 1,445 \times (\text{MON}) - 103,42\end{aligned}$$

E.3 Metode acuan AVL

Dalam metode acuan dari *Anstalt for Verbrennungsmotoren* Prof. Dr. List (AVL) untuk penentuan angka metana, dengan mesin yang sama, yaitu mesin *the committee for fuel research* (CFR) seperti dijelaskan dalam ASTM D2699-97.

Empat contoh diberikan pada Tabel E.1

Tabel E.1 - Angka metana

Komponen gas bumi	Gas bumi			
	A	B	C	D
% N ₂	0,63	3,62	11,13	0,81
% CO ₂	0,00	1,59	1,28	0,08
% C ₁	88,58	87,48	82,90	98,31
% C ₂	8,37	5,40	3,68	0,05
% C ₃	1,73	1,31	0,67	0,19
% C ₄₊	0,69	0,60	0,34	0,56
Angka metana	73,18	76,20	86,18	95,00
CATATAN Nilai dalam % fraksi mol.				

E.4 Metode EN 589 untuk menentukan Angka Oktana Motor

Lampiran B dari EN 589:1999 menjelaskan satu metode untuk menghitung angka oktana motor dari satu analisis komposisi LPG dengan menggunakan gas kromatografi. Angka oktana motor sampel dihitung dari faktor-faktor angka oktana motor *partial* unsur pembentuk sampel dan konsentrasi yang diperoleh dari hasil analisis.

Fraksi mol dari tiap unsur pembentuk yang terdapat dalam sampel yang lebih besar dari pada 0,1 fraksi mol (%) ditentukan dengan menggunakan metode seperti yang dijelaskan dalam ISO 7941:1988.

Angka oktana motor partial dari tiap unsur dalam campuran dihitung sebagai berikut:

$$\text{Angka oktana partial} = M \times C.$$

Dimana;

M = faktor angka oktana dari komponen tertentu {lihat Tabel E.2 di bawah)

C = fraksi mol komponen dalam campuran

Tabel E.2 - Nilai empiris faktor-faktor angka oktana motor

Komponen	Faktor angka oktana motor
Propana	95,4
Propena	83,9
Butana	89,0
2-methyipropana (iso-butana)	97,2
Butana	75,8
CATATAN Faktor angka oktana motor di atas merupakan nilai empiris hanya untuk prosedur perhitungan dari metode yang digambarkan dalam Lampiran B EN 589:1999.	



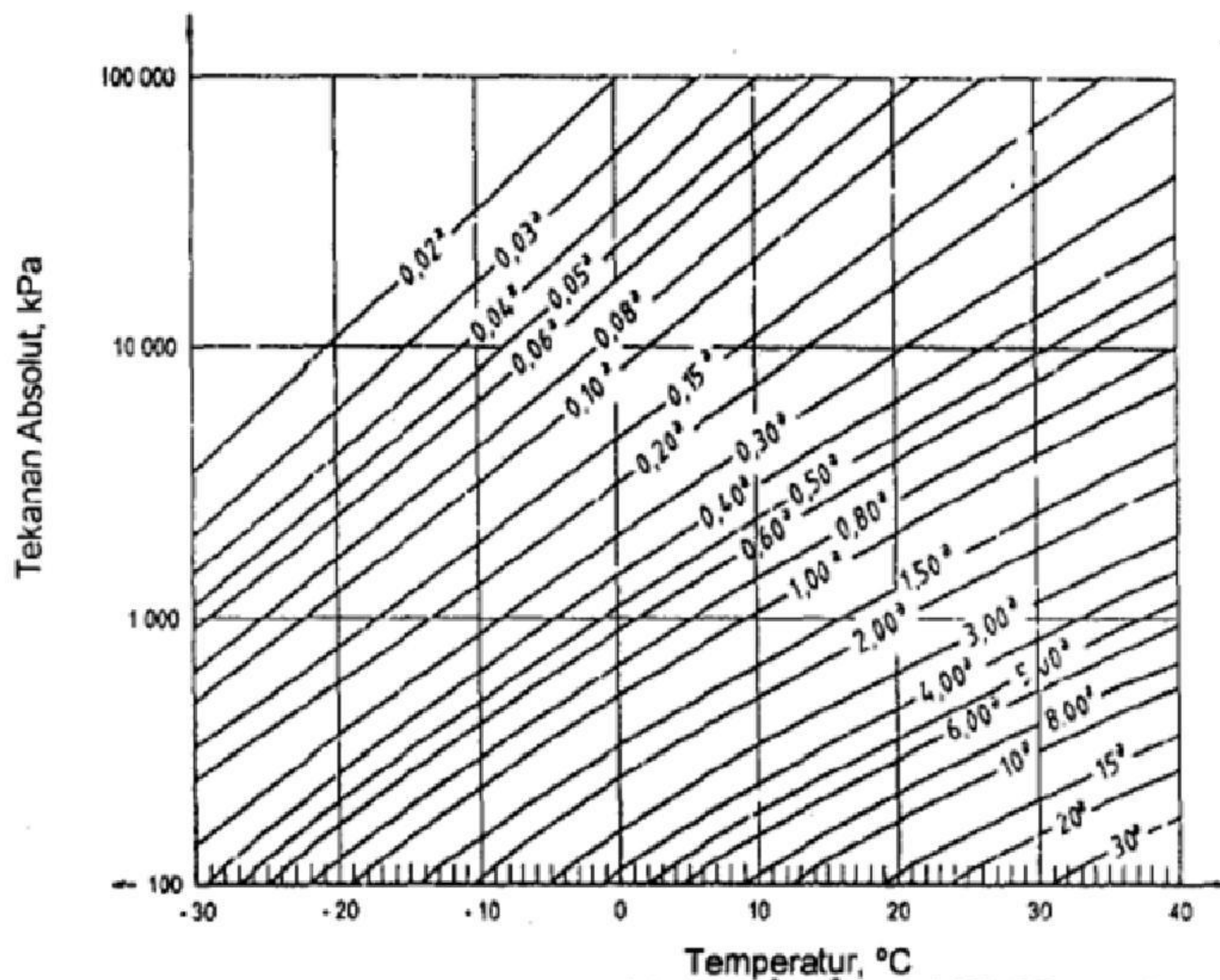
Lampiran F
(informatif)
Kadar air dalam gas bumi

Gas bumi umumnya mengandung senyawaan runutan. Gas bumi diproduksi dan diproses dari *raw gas* atau gas bumi cair. Jika diperlukan dapat dicampur dengan perbandingan tertentu, agar dapat langsung digunakan (contohnya sebagai bahan bakar gas). Gas bumi tetap berada pada fase gas pada kondisi suhu dan tekanan yang biasa digunakan pada jaringan pipa distribusi gas bumi diproses dari *raw gas* sehingga sesuai dengan spesifikasi untuk dapat digunakan oleh industri, komersial, kendaraan bermotor dan sebagai bahan baku petrokimia. Proses ini bertujuan untuk mengurangi senyawaan yang berpotensi menimbulkan korosi, seperti hidrogen sulfida dan karbondioksida, dan komponen lain seperti air dan hidrokarbon yang lebih berat yang pada tekanan dan suhu tertentu berpotensi terkondensasi pada jaringan transmisi dan distribusi gas. Hidrogen sulfida, senyawaan sulfur organik, karbondioksida dan air konsentrasinya perlu disesuaikan dengan spesifikasi yang ditentukan.

Konsentrasi uap air dan kelembaban absolut dalam campuran gas merupakan fungsi dari: tekanan uap dari air, yang berganti sebagai sebuah fungsi dari suhu dari campuran. Di samping itu, konsentrasi uap air banyak dipengaruhi oleh :

- a) Efek *pointing* : efek dari tekanan sistem pada tekanan uap air.
- b) Efek kelarutan: efek pertukaran energi antar molekul,
- c) Komposisi : efeknya kecil, dan biasanya diabaikan.

Efek pada a) dan b) sulit untuk dimodelkan dalam sebuah persamaan matematis sederhana. Gambar F.1. menjelaskan kadar air dari gas bumi yang tersaturasi oleh air pada berbagai suhu dan tekanan.



a. Kadar air dari gas bumi dalam g/m^3 (0°C , $101,325 \text{ kPa}$. dry)

Gambar F.1 - Kadar air dari gas bumi sebagai fungsi dari berbagai nilai suhu dan tekanan

Catatan grafik tersebut menggambarkan suhu titik embun air pada sumbu kadar air pada suhu tertentu. Pada suhu yang lebih rendah, kondensasi air akan terjadi pada kondisi yang sama. Sebagai contoh, dengan kadar air dalam gas bumi kurang dari $0,03 \text{ g/m}^3$ diharapkan tidak ada masalah bila gas bumi ditekan sampai 25.000 kPa dan suhu tidak di bawah -13°C

CONTOH Kadar air $0,8 \text{ g/m}^3$, $t = 10^\circ\text{C}$, $p = 1.400 \text{ kPa}$

Lampiran G (informatif) Komponen korosif

Gas bumi dapat mengandung komponen tertentu seperti karbondioksida, senyawa sulfur dan oksigen yang jika bergabung dengan air akan membentuk komponen yang bersifat korosif. Kuantitas CO₂, H₂S, dan O₂ bervariasi untuk setiap jenis gas bumi. Tidak ada persyaratan khusus yang berlaku secara internasional atau ditetapkan oleh suatu negara, tetapi ada beberapa pengecualian.

Dasar pemikiran dari ISO 15403 (secara keseluruhan) untuk mencegah terbentuknya senyawa korosi dalam tanki kendaraan dan sistem bahan bakar adalah dengan mengurangi kadar air. Jadi, perlu pembatasan yang sangat ketat pada suhu titik embun dan kadar air.

Penghilangan senyawa korosif hingga ke tingkat minimum memerlukan biaya yang mahal dan tidak praktis. Pengalaman bertahun-tahun dari penggunaan gas bumi telah menghasilkan secara umum aturan/petunjuk nilai yang dapat diterima, tetapi keduanya tidak dapat secara umum diterapkan. Dari *German Code of Practice 260/1, the 2nd gas family (natural gas), Table of Gas Secondary Substance*, nilai acuan maksimum sebagai berikut:

Tabel G.1 - Gas secondary substance

> Kabut, debu, cairan	secara teknis bebas
> Konsentrasi oksigen by volume	3,0% di jaringan pemasok kering dan 0,5% di jaringan pemasok basah
> Total sulfur	120 mg/m ³ (jangka pendek 150 mg/m ³)
> Mercaptan sulfur	6 mg/m ³
> Hidrogen sulfida	5 mg/m ³ (jangka pendek 16 mg/m ³)
CATATAN Nilai panduan untuk kandungan sulfur mercaptan sebesar 6 mg/m ³ , dipertahankan pada semua kondisi gas bumi.	

Sekarang nilai-nilai acuan ini hanya diterapkan di Jerman, beberapa negara memiliki publikasi yang sama sementara yang lainnya tidak mempunyai acuan secara resmi. Di beberapa negara bagian di Amerika Serikat memiliki aturan atau undang-undang untuk item-item ini, khususnya sulfur. Kebanyakan kontrak memiliki batasan untuk beberapa komponen tetapi nilainya bisa berbeda. Oleh karena itu kelihatan bahwa spesifikasi untuk komponen-komponen tersebut tidak dapat dikutip/ditiru dan cara terbaik untuk mengatasi korosi dengan mengurangi kadar air.

Lampiran H
(informatif)
Daftar konversi satuan

1 MMSCF	= 1.000 MSCF = 1.000.000 SCF
1 lb/MMSCF	= 21,1 ppm volum = 16,1 mg/m ³ (<i>water vapor</i> , ASTM D5454)
1 CF	= 28,31685 L = 0,02831685 m ³
1 % vol	= 457,14287 lb/mmscf
1 ppm	= 1 mg/L = 1.000 mg/m ³ = 1 g/m ³
1 ppb	= 0,001 mg/L = 1 mg/m³ = 1.000 µg/m³
R (grain/100 ft ³)	= Sulfur content (µ/g) * (0,366* (Densitas Relatif-0,5077)+0,083)
1 grain/ft ³	= 2,2883 g/m ³ = 2,2883 ppm
1 BTU	= 0,2519958 kcal = 1,055056 kJ = 0,001055056 MJ
1 kcal/m ³	= 0,1124 BTU/ft ³ = 4.187 J/m ³
1000 kcal CNG	= 0,0007 Barrel Oil Equivalent (BOE) = 0,1113 L OE
1 bbl (Barrel)	= 159 L
1 grain	= 0,0648 gram



Bibliografi

- [1] ANSI AGA/NGV2:1992, *Basic Requirements for Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers*
- [2] AS/NZS 2739:2003, *Natural gas (CNG) fuel systems for vehicle engines*
- [3] ASTM D1145-80, *Standard Method of Sampling Natural Gas*
- [4] ASTM D 2699-97, *A Standard test method for research octane number of spark-ignition engine fuel*
- [5] ASTM D 2700-97, *Standard test method for motor octane number of spark-ignition engine fuel*
- [6] GPA 2286-95, *Tentative Method of Extended Analysis for Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures by Temperature programmed Gas Chromatograph*
- [7] ISO 5163:2005, *Petroleum products -- Determination of knock characteristics of motor and aviation fuels -- Motor method*
- [8] ISO 5164:2005, *Petroleum products -- Determination of knock characteristics of motor fuels -- Research method*
- [9] ISO 6326-1:2007, *Natural gas - determination of sulfur compounds, Part 1:General introduction*
- [10] ISO 6326-3:1989, *Natural gas - determination of sulfur compounds, Part 3:Determination of hydrogen sulfide, mervaptan sulfur and carbonyl sulfide sulfur by potentiometry*
- [11] ISO 6570:2001, *Natural gas - determination of potential hydrocarbon liquid content – gravimetric methods*
- [12] ISO 7941:1988, *Commercial propane and butane-Analysis by gas chromatography*
- [13] ISO 10715:1997, *Natural gas - Standard reference conditions.*
- [14] ISO 11439:2013, *Gas Cylinders-High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as fuel for automotive vehicles*
- [15] ISO 12213-1:1997, *Natural gas - Calculation of compression factor - Part 1: Introduction and guidelines*
- [16] ISO 12213-2:1997, *Natural Gas-Calculation of compression factor-Part 2: Calculation using molar composition analysis*
- [17] ISO 12213-3:1997, *Natural Gas-Calculation of compression factor-Part 3: Calculation using physical properties*
- [18] ISO 13443, 1996, *Natural gas - Standard reference condition*
- [19] ISO 13734:2013, *Natural gas - organic sulfur compounds used as odorants - requirements and test methods*
- [20] ISO 15403:2000, *Natural gas- Designation of the quality of natural gas for use as a compressed fuel for vehicles*
- [21] ISO/TR 15403-2:2006, *Natural gas - Natural gas for use as a compressed fuel for vehicles -- Part 2: Specification of the quality*
- [22] ISO 15500-1:2000, *Road vehicles - Compressed Natural Gas (CNG) fuel system components. Part 1-General Requirement and definition*

- [23] ISO 15500-2:2001, *Road vehicles - Compressed Natural Gas (CNG) fuel system components - Part 2: Performance and general test methods*
- [24] ISO/TR 15403-2:2006, *Natural Gas -natural gas for use as a compressed fuel for vehicles- Part 2: Specification of the quality*, 2006
- [25] NFPA 52: 2006, *Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel Systems Code*
- [26] SAE J1616:1994-02, *Recommended Practice for Compressed Natural Gas Vehicle*
- [27] Application Engineering Bulletin," Natural Gas Fuel Performance Specification for Automotive Application, Engine Models B.9G+ and C8.3G+, August 2001. EPA-600/R-01-066, *Mercury In Petroleum And Natural Gas: Estimation Of Emissions From Production, Processing, And Combustion*, National Risk Management, Research Laboratory, Research Triangle Park, NC 27711, USA, 2001
- [28] Gas Quality Guidelines Version 7, November 2001, Victorian Energy Networks Corporation. *Gasunie Physical properties of natural gas*, 1988
- [29] GRI report 92/0150, *Effect of Gas Composition on Octane Number of Natural Gas Fuels*. GRI Report No 91-1011, 92/0123, *Variability of Natural Gas Composition In Select Major Metropolitan Areas of The United States*, Final Report, March 1992
- [30] GRI report No. 92/0158:1992, *proceedings of the gas research institute natural gas vehicle fuel composition workshop*, held February 13, 1992, Rosemont, IL.
- [31] IANGV Incorporated, *Effects of Natural Gas Composition Variations on the Operation, Performance and Exhaust Emissions of Natural Gas-Powered Vehicles*, IANGV Incorporated, Sydney Australia, December 2002
- [32] Kubesh J. *Effect of Gas Composition on Octane Number of Natural Gas Fuels*. Topical Report, GRI-92/0054
- [33] Kubesh J., King S. and Liss W. *Effect of Gas Composition on Octane Number of Fuels*. SAE 922359

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek perumus SNI

Komite Teknis 75-02 Produk minyak bumi, gas bumi dan pelumas

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Djoko Siswanto
Wakil ketua : Kusnandar
Sekretaris : Wijayanto
Anggota : Paul Toar
Abdul Rochim
Muhammad Husni Thamrin
Emi Yuliarita
FX. Chrisnanto
Ratu Ulfiati
Iman Kartolaksone Reksowardojo
Cahyo S. Wibowo

CATATAN:

Susunan keanggotaan Komtek 75-02 diatas pada saat Standar ini ditetapkan. Anggota Komtek yang juga turut menyusun sebelum perubahan keanggotaan pada bulan November 2016, adalah:

1. Naryanto Wagimin (Ketua)
2. Budi Prasetyo Susilo
3. Muhammad Dulpi

[3] Konseptor rancangan SNI

Kelompok kerja bahan bakar minyak dan gas

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Direktorat Teknik dan Lingkungan Migas
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral